

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Socket II 4072



AF=AB

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 62 223 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
H 01 L 33/00

⑳ Aktenzeichen: 101 62 223.6  
㉑ Anmeldetag: 18. 12. 2001  
㉒ Offenlegungstag: 1. 8. 2002 ✓

USN: 10/817,338  
A.U.: 2811  
Conf.: 3277

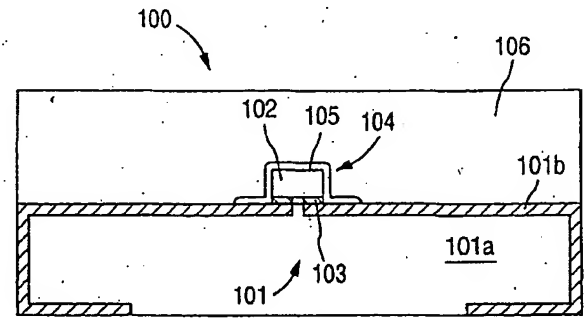
= US 6,642,618

DE 101 62 223 A 1

<p>③① Unionspriorität: 2000-388463 21. 12. 2000 JP 879548 11. 06. 2001 US</p> <p>③② Anmelder: LumiLeds Lighting, U.S., LLC, San Jose, Calif., US</p> <p>③③ Vertreter: Schneiders &amp; Kollegen, 81479 München</p>	<p>③④ Erfinder: Jagi, Takaai, Saitama, JP; Tamura, Takeshi, Tokio/Tokyo, JP; Arakane, Fusanori, Tokio/Tokyo, JP</p>
--	---

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

③⑤ Light-Emitting Sevice and Production Thereof  
③⑥ Eine gedruckte Schaltungsplatine (PWB = printed wiring board) 101, die als "Chip-LED" bezeichnet wird, wird statt einem Lead-Frame verwendet. Auf dem Substrat ist eine Leitung 203 eingeätzt, die in dem elektrischen Schichtabschnitt vergraben ist. Löt kuppen 204 sind auf der Schaltungsplatine ausgebildet. SnPb, In, Au, Ag oder andere Materialien können als Lötmetall verwendet werden. Das lichtemittierende Galliumnitrid-Halbleiterelement 102 ist auf diesem Substrat angeordnet - welches die elektrische Verdrahtung umfaßt - und ist mit den Leitungen derselben verbunden. Das lichtemittierende Halbleiterelement 102 ist über Kuppen 204 angeordnet; und Leiterverbindungen werden unter Verwendung der Kuppen hergestellt, die Metallmassen sind, die in den Elektrodenabschnitten liegen. Da das Fluoreszenzmaterial auf Temperatur senibel ist, wird das Herstellungsverfahren bei niedriger Temperatur ausgeführt. Die Temperatur ist etwa 80°C bis 150°C. Das Fluoreszenzmaterial wird in die Sol-Gel-Glaslösung zugemischt, die dann aufgebracht und erhitzt wird, um einen Glaskörper zu erzeugen. Das Fluoreszenzmaterial ist eine Kombination aus zwei Materialien, einem blau-angeregten, grünen Fluoreszenzmaterial und einem blauangeregten, roten Fluoreszenzmaterial. Der Halbleiterelementchip ist für Flip-Chip-Bonden ausgelegt. In diesem Verfahren der Aufbringung von Glas über der Oberfläche des Halbleiterchips liefert das Flip-Chip-Bonden eine bessere technische Anwendbarkeit, da dieses ...



DE 101 62 223 A 1

## Beschreibung

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine lichtemittierende Vorrichtung, die als weiße LED bezeichnet wird, und die ein lichtemittierendes Halbleiterelement aufweisende Lichtquelle und ein Fluoreszenzmaterial umfaßt, das das Ausgangslicht davon empfängt und das Fluoreszenz Licht mit einer unterschiedlichen Wellenlänge als dieses Ausgangslicht emittiert, wobei das Licht von dem lichtemittierenden Element und das Licht von dem Fluoreszenzmaterial kombiniert werden, um weißes Licht zu erzeugen.

## Hintergrund

[0002] Eine Anzahl von weißen LED's - lichtemittierende Vorrichtungen, die lichtemittierende Halbleiterelemente verwenden, um weißes Licht zu erzeugen - sind bis dato vorgeschlagen worden. Die Verwendung von lichtemittierenden Halbleiterelementen erfordert ein verhältnismäßig intensives Licht mit einem niedrigen Verbrauch an elektrischer Leistung. Im Unterschied zu Glühlampen oder Fluoreszenzleuchten, strahlen solche Vorrichtungen ferner keine Wärme ab und erfahren keine Probleme, beispielsweise eine Verschlechterung mit der Zeit oder ein Ausbrennen. Die Anwendungen für solche Vorrichtungen nehmen daher rapide zu. Das japanische Patent Nr. 2927279 offenbart eine Technik zum Herstellen einer weißen LED unter Verwendung eines lichtemittierenden Halbleiterelements. Dieses Patent lehrt das Kombinieren von blauem Licht (welches von einem Galliumnitrid-Halbleiterelement abgegeben wird) mit einem gelben Licht, das eine Komponente mit breitem Spektrum aufweist (welches von einem YAG Fluoreszenzmaterial abgegeben wird, welches durch das blaue Ausgangslicht erregt wird), um weißes Licht zu erzeugen. In diesem Stand der Technik wird die weiße LED dadurch hergestellt, daß das Halbleiterelement auf einem Substrat angeordnet wird, und daß es in einem transparenten Kunstharz eingekapselt wird, welches YAG Fluoreszenzmaterial enthält.

[0003] Lichtquellen, die Galliumnitrid-Halbleiterelemente verwenden, haben eine längere Lebensdauer als Glühlampen und Fluoreszenzleuchten, die gegenwärtig als Lichtquellen für die Beleuchtung verwendet werden, und sie können bis zu etwa 10 Jahren verwendet werden.

[0004] Die lichtemittierenden Vorrichtungen, die bis dato offenbart worden sind, verwenden jedoch eine schützende Harzschicht (Gußteil), um die lichtemittierende Diode zu schützen, und dies verursacht eine Anzahl von Problemen. Wenn die Schutzschicht aus einem Kunstharz zusammengesetzt ist, kann beispielsweise während des Betriebs über mehrere Jahre Wasser eindringen, wodurch die Arbeitsweise der lichtemittierenden Diode beeinträchtigt wird; oder, wenn das abgegebene Licht von der lichtemittierenden Diode ultraviolett ist, kann das Ultraviolett mit der Zeit eine Entfärbung verursachen, wodurch die Fähigkeit, Ausgangslicht von der lichtemittierenden Diode zu übertragen, reduziert wird und die Arbeitsweise der lichtemittierenden Diode erheblich behindert wird.

[0005] Gemäß einem anderen Aspekt emittiert das YAG-Fluoreszenzmaterial, das in dem Stand der Technik offenbart ist, Licht mit einem breiten Spektrum, welches um Gelb herum zentriert ist. Die Lichtausbeute ist jedoch schwach, wie bereits erwähnt. Mit dem Ziel, die Lichtausbeute zu verbessern, hat die Anmelderin eine lichtemittierende Vorrichtung vorgeschlagen, die zwei Fluoreszenzmaterialien, ein

grünes Licht und ein rotes Licht imitierendes Material, kombiniert. Diese Fluoreszenzmaterialien haben jedoch eine schwache Feuchtigkeits-Widerstandsfähigkeit, so daß Gegenmaßnahmen gegen Feuchtigkeit entscheidend sind. Bis dato vorgeschlagene, lichtemittierende Vorrichtungen haben jedoch keine adäquate Feuchtigkeitspermeabilität.

[0006] Im Hinblick auf die Probleme mit Kunstharzschutzschichten für lichtemittierende Dioden offenbaren die ungeprüfte Patentanmeldung (Kokai) 11-251640 und die ungeprüfte Patentanmeldung (Kokai) 11-204838 Schutzschichten zum Schützen von lichtemittierenden Dioden. Diese Anmeldungen wurden im Hinblick auf die Nachteile der Kunstharzschutzschicht für lichtemittierenden Dioden vorgeschlagen, die in dem obengenannten Patent offenbart ist, nämlich der Fähigkeit, von Feuchtigkeit durchdrungen zu werden - das heißt geringe Widerstandsfähigkeit gegen die Umwelt - und Entfärbung bei massiver Belichtung mit Ultraviolett - das heißt geringe Ultraviolett-Widerstandsfähigkeit -, was zu einer verminderten Transparenz und zu einer eingeschränkten Charakteristik als lichtemittierende Diode führt, und sie lehren das Verkapseln der lichtemittierenden Diode mit einem Sol-Gel-Glas statt mit einer Kunstharzschutzschicht.

[0007] Die lichtemittierenden Vorrichtungen, die in der ungeprüften Patentanmeldung (Kokai) 11-251640 und in der ungeprüften Patentanmeldung (Kokai) 11-204838 offenbart sind, haben jedoch die folgenden Probleme.

[0008] Wenn das Drahtbonds verwendet wird, um einen zuverlässigen elektrischen Kontakt der lichtemittierenden Diode zu liefern, führt das Einkapseln der lichtemittierenden Diode mit Sol-Gel-Glas unter Verwendung der Verfahren, die in den oben benannten Veröffentlichungen offenbart sind, zu den folgenden möglichen Problemen.

[0009] Wenn Drahtbonds verwendet wird, um einen zuverlässigen elektrischen Kontakt der lichtemittierenden Diode mit einer äußeren Stromquelle zu liefern, müssen die Drähte von der lichtemittierenden Diode durch sowohl Glas als auch Epoxyd-Kunststoff hindurchtreten, um die Leitungen außerhalb der lichtemittierenden Diode anzuschließen. Da jedoch das Glas und das Epoxydharz unterschiedliche Kennwerte, beispielsweise Koeffizienten der thermischen Ausdehnung und der Hygroskopizität, haben, können erhebliche Spannungen in den Drähten an der Glas-Epoxyd-Grenzfläche erzeugt werden, die möglicherweise die Drähte durchtrennen. Wenn Sol-Gel-Glas verwendet wird, schrumpft das Volumen um etwa 30% während der Aushärtung, so daß ein Bruch aufgrund von Spannungen, die in dem Draht erzeugt werden, während des Gießens ebenfalls auftreten kann. Wenn Drahtbonds verwendet wird, um zuverlässige elektrische Bahnen zu verwirklichen können, daher Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften der Grenzfläche zwischen der Glasschicht und der Epoxydabdeckung zu dem Problem eines Drahtbruchs führen. Bei lichtemittierenden Vorrichtungen, die lichtemittierende Halbleiterelemente verwenden, besteht, während die Halbleiterelemente als solche eine hohe Zuverlässigkeit und eine längere Lebensdauer haben, die Gefahr, daß die Verpackung, die zum Schutz des lichtemittierenden Halbleiterelementes und zur Sicherstellung des elektrischen Kontaktes mit einer äußeren Stromquelle verwendet wird; Probleme im Zusammenhang mit Zuverlässigkeit erfährt.

[0010] Während es möglich wäre, dieses Problem dadurch anzugehen, daß dickere Glas-schichten zur Erzeugung der Grenzfläche verwendet werden, ist es schwierig, dickes Glas frei von Brüchen zu erzeugen.

[0011] Im Hinblick auf das vorstehende ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine hoch zuverlässige Verpackung für lichtemittierende Halbleiterelemente zu liefern und dadurch eine lichtemittierende Vorrichtung zu liefern, die ein lichtemittierendes Halbleiterelement verwendet und die eine andauernde hohe Betriebsqualität und eine ausgedehnte Lebensdauer bietet.

[0012] Diese Aufgabe wird durch eine lichtemittierende Halbleitervorrichtung erreicht, in der ein lichtemittierendes Halbleiterelement-Flipflop elektrisch mit Anschlüssen auf einem Substrat verbunden ist, wobei die Vorrichtung umfaßt: ein lichtemittierendes Element, welches aus einem Galliumnitrid-Halbleiterelement besteht; eine Glasschicht, die auf dem Weg des Lichtes angeordnet ist, das von dem lichtemittierenden Element ausgegeben wird, und das ein Fluoreszenzmaterial enthält, um das Ausgangslicht zu empfangen und umgesetztes Licht zu erzeugen, welches in eine Wellenlänge, die sich von dem Ausgangslicht unterscheidet, umgesetzt ist; wobei das emittierte Licht und das umgesetzte Licht verwendet werden, um im wesentlichen weißes Licht zu erzeugen.

[0013] In einer bevorzugten praktischen Ausführung ist das Substrat eine Leiterplatte.

[0014] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel besteht das Fluoreszenz Material aus zwei Schwefel enthaltenden Zusammensetzungen, wobei jedes Fluoreszenz Material umgesetztes Licht mit einer unterschiedlichen Wellenlänge erzeugt.

[0015] Eines der beiden Fluoreszenzmaterialien kann  $\text{SrS} : \text{Eu}^{2+}$  sein, welches rotes Fluoreszenzlicht emittiert, wobei das andere ( $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Ca}$ )  $\text{S} : \text{Eu}^{2+}$  sein kann, welches grünes Fluoreszenzlicht emittiert.

[0016] Das rot fluoreszierende Material kann aus  $\text{SrGd}_2\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$  bestehen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel hat die Glasschicht, die das Fluoreszenz Material enthält, eine Dicke von 100  $\mu\text{m}$  oder weniger.

[0017] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel besteht die Glasschicht aus  $\text{SiO}_2$ , das wenigstens eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  enthält, oder aus  $\text{SiO}_2$ , das im wesentlichen frei davon ist.

[0018] Die Zusammensetzung der Glasschicht kann verändert werden, indem Verbindungen ausgewählt aus  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zugegeben werden. Der Grund dafür ist wie folgt. An der Grenzfläche des lichtemittierenden Elementes und der umgebenen Glasschicht oder einem anderen Verpackungsmaterial tritt eine Reflexion auf. Der Prozentsatz der Totalreflexion, die auftritt, ist höher je größer der Unterschied in dem Brechungsindex. Die Totalreflexion führt dazu, daß das Licht innerhalb der Verpackung hin und her läuft, so daß der Wirkungsgrad der Lichtmission nach außen abnimmt. Folglich ist es erwünscht, die Totalreflexion an den Grenzflächen auf ein Minimum herabzusetzen, durch die das Licht von dem lichtemittierenden Element hindurchtritt, um eine effiziente Transmission von Licht von dem lichtemittierenden Element zur Luft zu erreichen. Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, die Brechungsindexdifferenz an jeder Grenzfläche auf ein Minimum herabzusetzen. Wenn die Anordnung mit dem lichtemittierenden Element zwei Schichten umfaßt – ein lichtemittierendes Element und eine Glasschicht – gibt es zwei Grenzflächen, eine zwischen dem lichtemittierenden Element und der Glasschicht und eine zwischen der Glasschicht und der Luftschicht, und um die Reflexion des Lichtes von dem lichtemittierenden Element auf ein Minimum herabzusetzen, ist es erwünscht, die Brechungsindexdiffe-

renz an jeder der zwei Grenzflächen auf ein Minimum herabzusetzen.

[0019] Folglich liegt der Brechungsindex der Glasschicht vorzugsweise zwischen den Brechungsindizes von Luft und dem des lichtemittierenden Elements.

[0020] In dem die Oberfläche des Elements mit dem oben erwähnten Oxid versehen wird, das einen Brechungsindex hat, der zwischen dem Brechungsindex von Luft und dem Brechungsindex des lichtemittierenden Elementes liegt, und durch verwenden desselben mit einer nicht reflektierenden Beschichtung, um den Wirkungsgrad der Lichtmissionen nach außen zu erhöhen, kann der Lichtausgang in der Größenordnung von mehreren 10% verbessert werden. Die Vorteile der Verwendung von einem Glasüberzug statt der Verkapselung mit Kunstharz bestehen in folgendem:

1) Die Widerstandsfähigkeit gegen die Umgebung wird verbessert; 2) der Betrieb bei hohen Temperaturen wird möglich; und 3) Materialien können ausgewählt werden, die einen höheren Wirkungsgrad der Lichtmission bieten. Die Brechungsindizes von Epoxyd-Kunstharzen überschreiten in keinem Fall 1,6. Der Brechungsindex von Luft ist 1,0, und die Brechungsindizes der Verbundhalbleiter, die bei lichtemittierenden Dioden verwendet werden, liegen im Bereich von 3,4 bis 1,8. Der Brechungsindex von  $\text{SiO}_2$  der Glasschicht ist etwa 1,5, wenn das  $\text{SiO}_2$  jedoch eine transparente Komponente enthält, beispielsweise  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , kann der Brechungsindex auf etwa 1,5 bis 2,5 erhöht werden. Durch einbeziehen einer transparenten Komponente, beispielsweise  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in das  $\text{SiO}_2$  kann daher der Brechungsindex der Glasschicht auf ein gewünschtes Niveau geregelt werden, um den Wirkungsgrad der Lichtmission von dem lichtemittierenden Element auf ein Maximum zu bringen.

[0021] Wenn eine zusätzliche Epoxyd-Kunstharzschicht auf der Außenseite der Glasschicht vorgesehen ist, wird der Brechungsindex an der Grenzfläche der Glasschicht mit der Epoxyd-schicht ebenfalls berücksichtigt. Das heißt, das der Brechungsindex der Glasschicht durch Manipulation der Menge der transparenten Komponenten, die darin enthalten ist, in geeigneter Weise gesteuert wird, um den Brechungsindex an den entsprechenden Grenzflächen, an denen von dem lichtemittierenden Element in die Glasschicht, in die Epoxyd-schicht und in Luft übergegangen wird, auf ein Minimum herabzusetzen. Insbesondere bilden die Übergänge in dem Brechungsindex eine geometrische Serie, wenn man von dem lichtemittierenden Element in die Glasschicht, in die Epoxyd-schicht und in Luft übergeht. Wie erwähnt wurde, liefert die Erfindung eine lichtemittierende Vorrichtung, die eine Kombination von blauem Licht von einer Galliumnitrid-LED und Licht mit einer umgesetzten Farbe von einem Fluoreszenzmaterial verwendet, um im wesentlichen weißes Licht zu imitieren. Die hier angegebene weiße LED, die im Zusammenhang mit einer blauen LED verwendet wird, liefert eine Beleuchtungslichtquelle, die in hohem Maße zuverlässig ist und eine verlängerte Lebensdauer hat. Weiße LEDs, die blaue LEDs mit hohem Ausgang als Anregungsquellen verwenden, können Glühlampen oder dergleichen ersetzen. Mit Hilfe eines zuverlässigen Verpackungsverfahrens liefert die hier angegebene lichtemittierende Vorrichtung eine lichtemittierende Vorrichtung, die eine hohe Performance bietet trotz der Verwendung einer Kombination aus Fluoreszenzmaterialien, die eine geringe Widerstandsfähigkeit gegen die Umgebung haben jedoch eben-

falls eine verbesserte Farbproduktion aufweisen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0022] Fig. 1 ist eine Schnittdarstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0023] Fig. 2 ist eine Schnittphotografie von einem Glasfilm, der ein Fluoreszenzmaterial enthält.

[0024] Fig. 3 ist eine Schnittdarstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0025] Fig. 4 ist eine Schnittdarstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung gemäß noch einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0026] Fig. 5 ist ein Immissionsspektrum eines Fluoreszenzmaterials.

[0027] Fig. 6 ist ein Immissionsspektrum eines Fluoreszenzmaterials.

#### Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0028] Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Eine schematische Schnittdarstellung der lichtemittierenden Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel ist in Figure 1 gezeigt. Diese lichtemittierende Vorrichtung 100 umfaßt ein Substrat 101. Das Substrat 101 ist typischerweise eine Schaltungsplatte aus Epoxydharz oder einem anderen Kunststoff, jedoch nicht darauf beschränkt. Auf dem Substrat ist eine dielektrische Schicht 101a aus Kunststoff oder dergleichen ausgebildet, und über der dielektrischen Schicht 101a ist ein geeignetes Muster aus Leiterbahnen 101b, das heißt Elektroden und Anschlüsse, ausgebildet; und es liefert elektrischen Strom von außen an ein lichtemittierendes Element 102, welches damit verbunden ist. Das lichtemittierende Element 102 ist in den vorliegenden Ausführungsbeispielen ein Galliumnitrid-Halbleiterelement, das noch beschrieben wird und das auf dem Substrat 101 in einer Flip-Chip-Verbindung montiert ist; Anschlußteile sind auf der Unterseite des Typs vorgesehen, und eine elektrische Verbindung wird mit den Elektroden oder Anschlüssen 101b auf dem Substrat durch Bonden von Kuppen (Lötkegeln), die aus einem geeigneten, leitfähigen Lötmaterial bestehen, oder mit Leiterabschnitten 103 (beispielsweise Drähten) mit diesen Anschlüssen hergestellt. Eine lichtdurchlässige Sol-Gel-Glasschicht 10 ist über die Außenseite des lichtemittierenden Elementes ausgebildet. Eine transparente Schicht 106 ist über der Außenseite davon ausgebildet.

#### Lichtemittierende Diode

[0029] Das hier beschriebene, lichtemittierende Element 101 ist eine lichtemittierende Diode, und insbesondere ein Galliumnitrid-Halbleiterelement. Das Halbleiterelement kann aus  $\text{AlIn-GaP}$ ,  $\text{InGaP}$  oder dergleichen bestehen.

#### Sol-Gel-Glas

[0030] Die hier gezeigte Sol-Gel-Glasschicht 101 wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben.

[0031] Die Herstellung des Sol-Gel-Glases wird nun beschrieben. Als erstes wird ein  $\text{SiO}_2$  Gel in Netzwerkform durch die Alkoholisierung von Alkoxysilan hergestellt. Dieses Gel wird getrocknet, um ein verfestigtes Gel zu ergeben. Das resultierende Material besteht aus  $\text{SiO}_2$  - die gleiche Zusammensetzung wie die von gewöhnlichem Glas, Sol-

Gel-Gläser haben jedoch einen unterschiedlichen Herstellungsprozeß als gewöhnliches Glas, indem die Verwendung von Metallkatalysatoren bei der Dealkoholisierungsreaktion es ermöglicht, daß  $\text{SiO}_2$  bei geringen Temperaturen im Bereich von gewöhnlicher Temperatur bis etwa  $150^\circ\text{C}$  synthetisiert werden können. Die Dichte unterscheidet sich jedoch von der von gewöhnlichem Glas, das durch Aufheizen auf den  $\text{SiO}_2$  Schmelzpunkt erzeugt wird. Sol-Gel-Gläser sind viel dichter als Kunststoffe wie Epoxydunststoffe, und sie haben Feuchtigkeitspermeabilitäten, die um einen Faktor von mehreren zehn bis mehreren hundert geringer sind als die von Epoxydharzen.

[0032] Was die Feuchtigkeitspermeabilität anlangt, wird, wenn eine Sol-Gel-Glasdeckschicht mit einer Dicke von mehreren Mikron auf einer Kupferplatte oder einer Nickelplatte ausgebildet wird und wenn dieses Muster bei  $60^\circ\text{C}$  einer Atmosphäre mit 90% relativer Feuchtigkeit während 100 Stunden ausgesetzt wird, keine Korrosion des Metalls beobachtet. Wenn es in einer Schicht von etwa  $10\text{ }\mu\text{m}$  Dicke auf eine Aluminiumplatte aufgebracht wird und in  $100^\circ\text{C}$  warmem Wasser während 150 Stunden eingetaucht wird, ist der Aluminiumglanz 95% oder darüber. Da die Glasbeschichtung gegen Feuchtigkeit undurchlässig ist, tritt keine Oxidation der Oberfläche der Metallplatte auf, so daß die Glattheit der Metalloberfläche nicht beeinträchtigt wird.

[0033] Epoxydharze absorbieren andererseits etwa 2 Gew.-% Wasser, wenn sie in einer  $80^\circ\text{C}$  warmen und 85% Feuchtigkeit enthaltenden Umgebung während 24 Stunden gehalten wird.

[0034] Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, hat eine vergleichende Forschung, die von den Erfindern durchgeführt wurde, gezeigt, daß das Sol-Gel-Glasbeschichtungen eine bessere Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen von Feuchtigkeit als Epoxydbeschichtungen bieten. Bei Sol-Gel-Gläsern dringt speziell das Wasser nicht leicht in das Glas ein und kann nicht mit dem Fluoreszenzmaterial reagieren, das darin enthalten ist, so daß die Verschlechterung des Fluoreszenzmaterials verhindert wird.

#### Fluoreszenzmaterial

[0035] Das hier beschriebene Fluoreszenzmaterial ist eine Kombination von zwei Fluoreszenzmaterialien, einem blauangeregten, roten Fluoreszenzmaterial und einem blauangeregten, grünen Fluoreszenzmaterial. Das  $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$  emittiert rotes Fluoreszenzlicht, und das  $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})\text{S}:\text{Eu}^{2+}$  emittiert grünes Fluoreszenzlicht. Ein Beispiel für rotes Fluoreszenzmaterial ist  $\text{SrGd}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ .

[0036] Eine Sol-Gel-Glasschicht wird über das Äußere des hier gezeigten, lichtemittierenden Elements 102 ausgebildet, und in dieser Sol-Gel-Glasschicht sind zwei Fluoreszenzmaterialien dispergiert, die unterschiedliche Fluoreszenzwellenlängen haben. Die Verwendung von zwei Fluoreszenzmaterialien mit unterschiedlichen Fluoreszenzwellenlängen ist ein charakterisierendes Merkmal der Erfindung: die hier verwendeten Fluoreszenzmaterialien waren nicht zugänglich für die Verwendung im Gebiet der Erfindung aufgrund ihrer chemischen Instabilität. Mit der vorliegenden Erfindung wird die Verwendung dieser chemischen instabilen Fluoreszenzmaterialien jedoch möglich durch die Kombination mit der Einkapselung in Glas, um sie zu stabilisieren.

[0037] Bezugnehmend auf Fig. 2 ist das Fluoreszenzmaterial 107 in dem vorliegenden Beispiel in der Glasschicht 105 dispergiert, so daß seine Konzentration zu der Außenfläche der Schicht hin größer ist als sie nah bei der Oberfläche des lichtemittierenden Elements ist. Auf der Unterseite des lichtemittierenden Elements 102 ist eine reflektierende Schicht

mit einer reflektierenden Oberfläche ausgebildet, um von dem lichtemittierenden Element 102 emittiertes Licht zu reflektieren; das von dem lichtemittierenden Element 102 reflektierte Licht wird in der Information in Fig. 1 reflektiert. Die Reflektionsschicht kann auch als Elektrode für das lichtemittierende Element 102 dienen, oder es können separate Elektroden vorgesehen sein.

[0038] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein Unterbau 108 mit leitfähigen Abschnitten (nämlich Elektrodenabschnitte 109) für die elektrische Verbindung mit den Metallgruppen 103 und mit Leiterbahnen 110 vorgesehen, die von den Elektrodenabschnitten 109 wegführen. Diese Leiterbahnen 110 erstrecken sich durch durchgängige Öffnungen 111, die in dem Unterbau vorgesehen sind und elektrisch mit den Anschlußteilen 101b verbunden sind, die auf dem Substrat vorgesehen sind. An der Unterseite von jeder durchgehenden Öffnung 110 ist eine leitfähige Kuppe (Löt-kugel) 112 gebildet – identisch zu der, die auf der Unterseite der Anordnung des lichtemittierenden Elementes vorgesehen ist –, um eine Leiterbahn zu dem Substrat 101 zu erzeugen.

[0039] In Fig. 3 hat das Substrat 101 den selben Aufbau wie das Substrat 101, das in Fig. 1 beschrieben ist, und auf der Oberfläche davon sind Anschlußabschnitte für die elektrische Verdrahtung ausgebildet, beispielsweise die Leitungen 101b, die elektrisch mit den Kuppen auf der Unterseite des Unterbaus 108 verbunden sind.

[0040] Das Substrat 101, das hier verwendet wird, ist typischerweise eine Schaltungsplatine, insbesondere eine bedruckte Schaltungsplatine PWB (PWB = printed wiring board), die als "Chip-LED" bezeichnet wird, statt einem Lead-Frame. Die gedruckte Schaltungsplatine kann durch herkömmliche Verfahren hergestellt werden. Auf dem Substrat sind eingebettete Leitungen 101b in eine Dielektrikumschicht eingeztzt, die aus Kunststoff, Keramik, Metall oder einem anderen Material aufgebaut ist.

[0041] Die Unterbauanordnung, die in Fig. 4 gezeigt ist, unterscheidet sich von der in Fig. 3. In dem Unterbau, der in Fig. 4 gezeigt ist, wird die Verbindung der Anordnung des lichtemittierenden Elements mit dem Unterbau 108 durch Lötverbindungen erreicht, während die Verbindung des Unterbaus mit dem Substrat durch Drahtbonden erreicht wird. Die lichtemittierende Vorrichtung 100 umfaßt ein lichtemittierendes Element 102, eine Fluoreszenzmaterial enthaltende Glasschicht 105, die es einkapselt, und Anschlußabschnitte auf der Unterseite des lichtemittierenden Elements 102, und ferner Metallkuppen 103, die darunter zwecks elektrischer Verbindung angeordnet sind, wodurch sich eine Anordnung des lichtemittierenden Elements ergibt. In dem vorliegenden Beispiel ist die Anordnung 104 mit dem lichtemittierenden Element mit leitfähigen Kuppen 103 versehen zwecks elektrischer Verbindung der Elektrodenabschnitte auf der Unterseite des lichtemittierenden Elements 102 mit den Elektrodenabschnitten 109 auf der Oberfläche des Unterbaus 108, und zusätzliche leitfähige Kuppen 112 – die auf der äußeren Kante des Elektrodenabschnittes auf der Oberfläche des Unterbaus 108 liegen – zur elektrischen Verbindung mit den Elektrodenflächen, die auf der Außenfläche des Substrats gebildet sind. Diese äußeren, leitfähigen Kuppen 112 des Unterbaus 108 sind über Bonddrähte 113 mit einer Elektrodenplatte 101b auf dem Substrat verbunden. Die das Fluoreszenzmaterial enthaltene Glasschicht 105 erstreckt sich nicht soweit wie die Bonddrahtabschnitte.

#### Herstellung der lichtemittierenden Vorrichtung

[0042] Bei der Herstellung einer lichtemittierenden Vorrichtung 100 wird zunächst eine Anordnung der lichtemittierenden

Vorrichtung mit einem lichtemittierenden Element 102 und eine das Fluoreszenzmaterial enthaltende Glasschicht 105 erzeugt, die es einkapselt.

[0043] Wenn die Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung 100 die in Fig. 1 gezeigte ist, wird als nächstes die Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung elektrisch direkt mit den Elektrodenabschnitten 101b auf dem Substrat über Kuppen ohne Verwendung eines Unterbaus 108 verbunden. Im Falle der lichtemittierenden Vorrichtungen, die in den Fig. 3 und 4 gezeigt sind, muß die Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung elektrisch mit den Elektrodenabschnitten 101b auf dem Substrat über einen Unterbau 108 verbunden werden. Zu diesem Zweck werden Löt-kuppen 204 auf der Unterseite der Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung ausgebildet, das heißt auf der Oberfläche des Unterbaus 108, und auf der Unterseite des Unterbaus, das heißt auf der Oberfläche des Substrats PWB. In diesem Fall werden die Kuppen 103 auf der Unterseite der Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung und die Kuppen 112 auf der Unterseite des Unterbaus 108 separat hergestellt, wobei der Unterbau 108 unterhalb der Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung angeordnet ist, leitfähige Bahnen werden zwischen der Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung und dem Unterbau 108 aufgebaut, und dann werden leitfähige Pfade zwischen dem Unterbau 108 und dem Substrat 101 aufgebaut. Auf diese Weise werden die Kuppen der Anordnung der lichtemittierenden Vorrichtung und des Unterbaus 108 mit den jeweiligen Elektrodenplatten verbunden.

[0044] Wenn Goldkuppen verwendet werden, wird die Verbindung typischerweise durch Anlegen von Ultraschall oder Wärme ausgeführt. Für die Löt-kuppen werden Maskendruck, Planierung oder andere Techniken verwendet.

[0045] Die Ausbildung von leitfähigen Abschnitten auf einem Substrat durch Maskendruck von Löt-paste ist im Stand der Technik bekannt. Das typische Verfahren ist wie folgt. Als erstes wird eine Maske über die gedruckte Leiterplatte gelegt, und Löt-paste wird über der Maske unter Verwendung eines Spatels ausgebreitet. Auf diese Weise bewegt sich die Löt-paste auf die Schaltungsplatine (Substrat) durch die Öffnungen in der Maske, wobei eine Löt-schicht auf der Oberfläche der Schaltungsplatine ausgebildet wird. Als nächstes wird die Maske von der Schaltungsplatine entfernt, so daß eine Schicht aus Löt-paste über vorgegebenen, erforderlichen Abschnitten auf der Schaltungsplatine ausgebildet werden. Wenn ein Verfahren mit Löt-kugeln verwendet wird, werden Löt-kugeln an der Schaltungsplatine oder an dem Element befestigt. In diesem Fall kann ein Löt-mittelfluß oder dergleichen für die Löt-mittelkugeln verwendet werden. Das Element wird dann an der richtigen Stelle auf der Schaltungsplatine montiert. Es wird dann einem erneuten Fließ-verfahren unterzogen, um das Löt-mittel zu schmelzen und die Verbindung herzustellen. Ein Löt-mittel-Plattierungsverfahren kann ebenfalls verwendet werden. In diesem Fall werden Bereiche auf der Oberfläche der Schaltungsplatine, wo kein Löt-mittel abgeschieden werden soll, in der selben Weise wie bei dem Maskierungsdruck maskiert. Danach erfolgt eine stromfreie Plattierung von Löt-mittel. Ein beispielhaftes Löt-verfahren wird nun beschrieben.

[0046] Als erstes wird das Element auf dem Löt-mittel angeordnet, und es wird dann in einen Flußofen gegeben, um das Löt-mittel zu schmelzen und das Element mit der Schaltungsplatine zu verbinden.

[0047] Als nächstes wird das Glas, das das Fluoreszenzmaterial enthält, über die Oberfläche des lichtemittierenden Halbleiterelements aufgebracht, um eine Glasschicht von etwa 100 µm oder geringerer Dicke zu bilden. Da das Fluoreszenzmaterial auf Temperatur anspricht, wird das Herstell-

lungsverfahren vorzugsweise bei einer niedrigen Temperatur ausgeführt. Wenn ein Sol-Gel-Glasfilm-Herstellungsverfahren verwendet wird, ist das Glas bei niedriger Temperatur flüssig, so daß der Glasfilm bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur erzeugt werden kann. Die Temperatur ist etwa 80°C bis 150°C. Das Fluoreszenzmaterial wird dieser Sol-Gel-Glasmischung zugemischt, die dann aufgebracht und aufgeheizt wird, um einen Glaskörper zu erzeugen. Auf diese Weise wird Glas, das Fluoreszenzmaterial enthält, auf der Oberfläche des Halbleiterchips aufgebracht. Das Fluoreszenzmaterial ist eine Kombination von zwei Materialien, einem blau-angeregtem, grünen Fluoreszenzmaterial und einem blau-angeregten, roten Fluoreszenzmaterial. Der Chip ist ein Flip-Chip. Bei dem Verfahren, bei dem das Glas über der Oberfläche des Halbleiterchips aufgebracht wird, liefert das Flip-Chip Bonden eine bessere technische Kompatibilität, da das Verbindungsverfahren nicht die Anwesenheit von Drähten erfordert.  $\text{SrS} : \text{Eu}^{2+}$  emittiert rotes Licht, und  $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})\text{S} : \text{Eu}^{2+}$  emittiert grünes Licht. Ein spezielles Beispiel für ein rotes Fluoreszenzmaterial ist  $\text{SrGd}_2\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$ .

[0048] Wellenlängenspektren der Fluoreszenzmaterialien sind in Fig. 5 und Fig. 6 gezeigt.

[0049] Die zwei Arten der Fluoreszenzmaterialien geben rotes und grünes Licht, und die LED gibt blaues Licht. Das Licht aus diesen drei unterschiedlichen Wellenlängen kann kombiniert werden, so daß sich weißes Licht ergibt. Die hier gezeigten Fluoreszenzmaterialien, die rotes und grünes Licht effizient imitieren und die aus Fluoreszenzmaterialien mit YAG oder einem anderen Oxid bestehen und durch LEDs mit blauem Licht anregbar sind, waren in der Vergangenheit nicht bekannt. Die Erfinder haben entdeckt, daß, während Sulfid-Fluoreszenzmaterial gute Resultate ergeben, Sulfide mit Wasser stark reagieren, so daß die Verfahren zum Isolieren des Fluoreszenzmaterials von Wasser entscheidend sind. Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung von Sol-Gel-Glas, das im Bezug auf Feuchtigkeit hoch resistent ist, um die wasserempfindlichen Sulfid-Fluoreszenzmaterialien von Wasser zu isolieren.

[0050] Die Glasbeschichtung ist undurchlässig für Wasser, so daß Sulfid-Fluoreszenzmaterialien verwendet werden können.

[0051] Die hier beschriebene lichtemittierende Vorrichtung unterscheidet sich von dem Stand der Technik dadurch, daß das lichtemittierende Element auf dem Substrat in einer Flipchipanordnung montiert ist. Die Auswahl eines harten Materials als Verpackungsmaterial ist erwünscht, da die Elementanordnung in der Lage ist, größere Spannungen zu handhaben. Durch Kombination einer Flip-Chip-Anordnung mit einem Verkapselungsverfahren mit feinem Fluoreszenzmaterial enthaltendem Glas kann eine LED-Verpackung mit einer mehr zuverlässigen Konstruktion für praktische Zwecke erreicht werden.

#### Patentansprüche

1. Eine lichtemittierende Vorrichtung, in der ein lichtemittierendes Halbleiterelement – Flip-Chip elektrisch mit Anschlüssen auf einem Substrat verbunden ist, wobei die Vorrichtung umfaßt:  
ein lichtemittierendes Element bestehend aus einem Galliumnitrid-Halbleiterelement; und  
einer Glasschicht, die auf dem Weg des Lichtes angeordnet ist, das von dem lichtemittierenden Element ausgegeben wird, und die Fluoreszenzmaterial enthält, um das Ausgangslicht aufzunehmen und ein umgesetztes Licht zu erzeugen, welches in eine Wellenlänge umgesetzt ist, die sich von der des Ausgangslichtes unter-

scheidet;

wobei das emittierte Licht und das umgesetzte Licht verwendet werden, um ein im wesentlichen weißes Licht zu erzeugen.

2. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Substrat eine gedruckte Leiterplatte ist.

3. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Fluoreszenzmaterial aus zwei Schwefel enthaltenden Zusammensetzungen besteht, wobei jedes Fluoreszenzmaterial umgesetztes Licht mit einer unterschiedlichen Wellenlänge erzeugt.

4. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 3, worin eine der zwei Zusammensetzungen  $\text{SrS} : \text{Eu}^{2+}$  ist, die rotes Fluoreszenzlicht emittiert, und die andere  $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})\text{S} : \text{Eu}^{2+}$  ist, die grünes Fluoreszenzlicht emittiert.

5. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 4, worin das Fluoreszenzmaterial, welches rotes Fluoreszenzlicht abgibt,  $\text{SrGd}_2\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$  ist.

6. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die Glasschicht, die das Fluoreszenzmaterial enthält, eine Dicke von 100 µm oder weniger hat.

7. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das lichtemittierende Halbleiterelement elektrisch mit Anschlüssen auf dem Substrat über einen Unterbau verbunden ist.

8. Die lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die Glasschicht aus  $\text{SiO}_2$  besteht, die wenigstens eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  enthält; oder aus  $\text{SiO}_2$  besteht, welches im wesentlichen frei davon ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



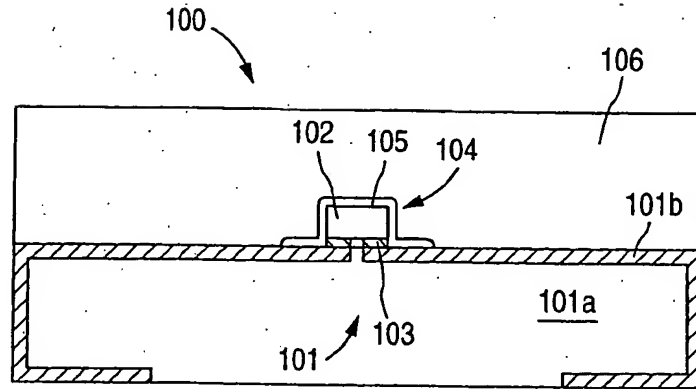


FIG. 1

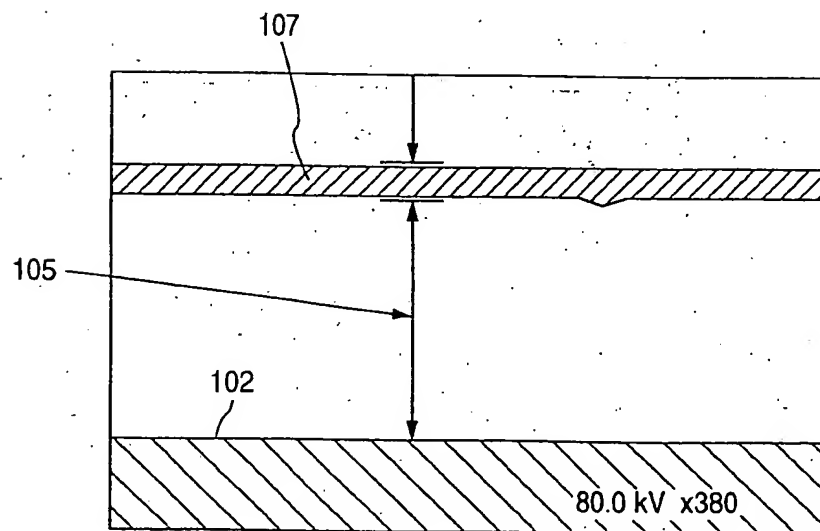


FIG. 2

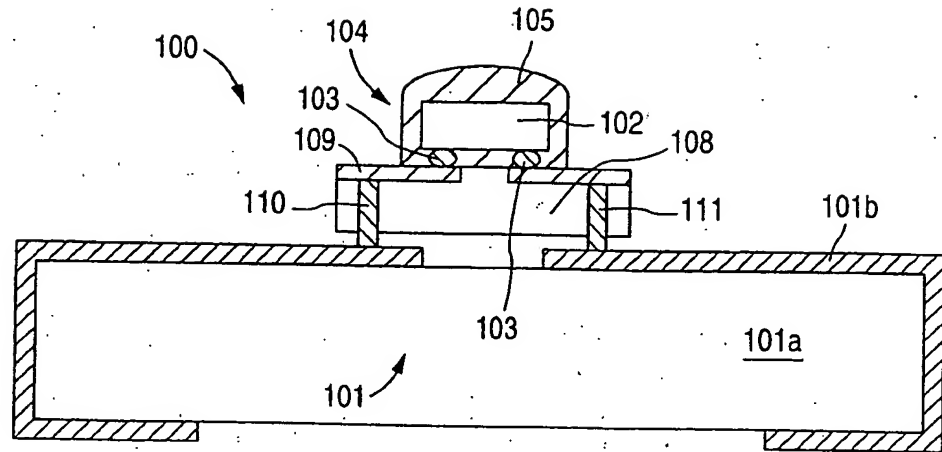


FIG. 3

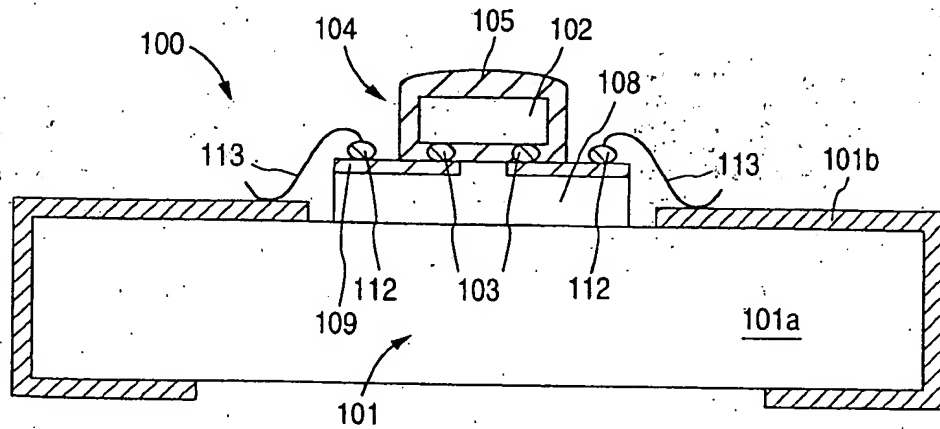


FIG. 4

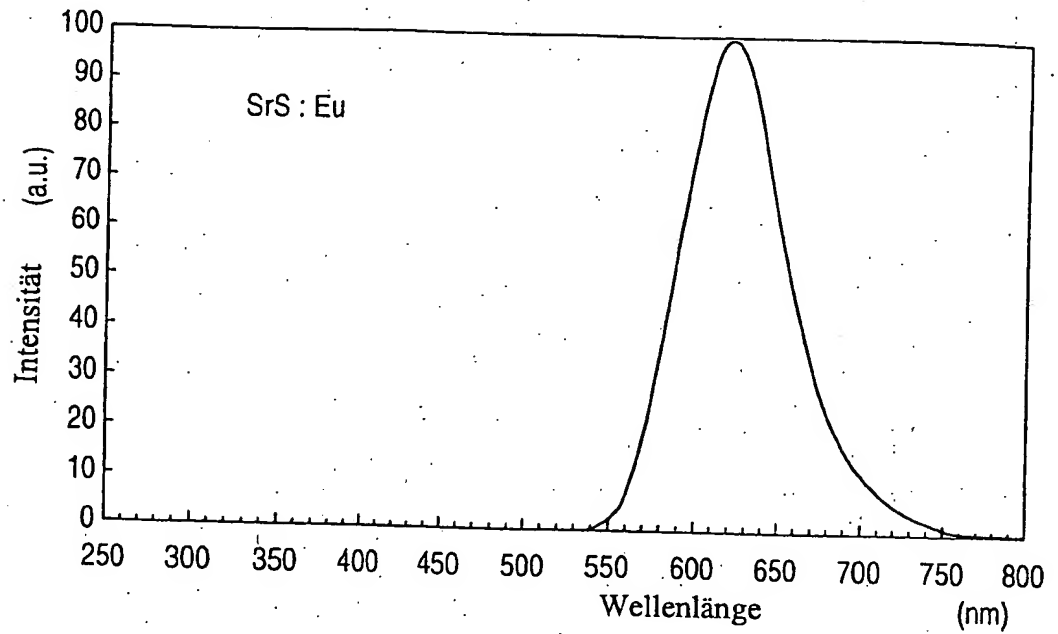


FIG. 5

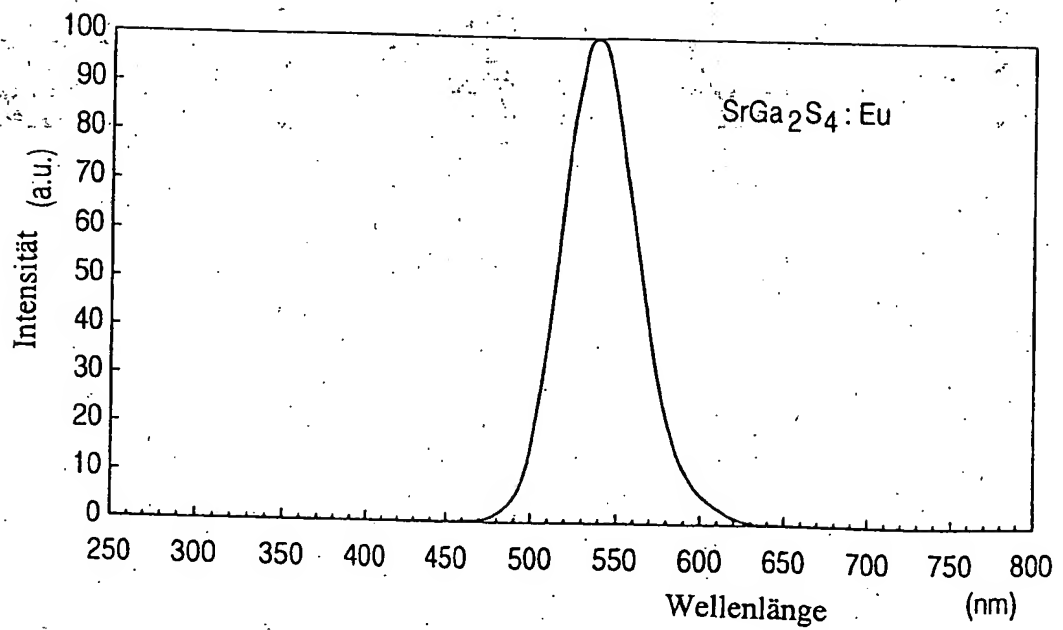


FIG. 6